

К. Б. Греков д.т.н., зав.кафедрой, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет кино и
телевидения

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОГРАММНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ «ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ» ТЕХНОЛОГИИ В ЛАБОРАТОРИИ ХИМИКО-ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ РЕГЕНЕРАЦИИ

Для оценки эффективности эколого-технологических мероприятий, проводимых в конкретной лаборатории химико-фотографической обработки кинофотоматериалов необходимо обрабатывать большие массивы данных. Для решения такого рода задачи целесообразно использовать соответствующее программное обеспечение. Достаточно мощным, современным и в тоже время доступным средством для работы с базами данных является Microsoft Access for Windows. Дополнительные возможности для работы с созданной в формате MDB (Microsoft Data Bases) базой данных предоставляет также Visual Basic 5.0.

В современном мире все более острыми становятся экологические проблемы, в частности проблема дефицита чистой пресной воды. Поэтому ни одна современная технология не может развиваться дальше без учета экологического аспекта. Не является исключением и технология химико-фотографической обработки светочувствительных материалов. Хотя в настоящее время все более интенсивно развиваются цифровые методы регистрации изображений, не уменьшается роль и традиционных носителей на основе галогенидов серебра, преимущества которых в целом ряде областей является неоспоримыми как на сегодняшний день, так и дальнейшем. Однако, применение таких материалов в профессиональной кинематографии, массовой фотографии, а также для специальных технических целей связано с необходимостью проводить их химико-фотографическую обработку, что в свою очередь обуславливает использование большого количества разнообразных, а зачастую и экологически опасных химических веществ, и как правило связано с большим расходом чистой воды для промывания. Все вышесказанное относится и к некоторым бессеребряным материалам, например, к нашедшим широкое применение в современном электронном машиностроении сухим пленочным фоторезистам.

Стоки процессов химико-фотографической обработки кинофотоматериалов всегда содержат различные количества веществ, которые отчасти являются токсичными по отношению к определенным формам жизни в водных системах, а отчасти способствуют излишней нагрузке на муниципальные (общегородские)

очистные сооружения. Выделяют следующие группы химикатов, используемых при химико-фотографической обработке:

- (1) металлы, например, серебро, железо и др;
- (2) соединения серы, например, сульфиты и тиосульфаты;
- (3) органические соединения, например, фенолы, формальдегид;
- (4) комплексные соединения железа.

Известно, что растворенные соединения серебра токсичны для рыб и низших форм жизни, например, для *Daphnia magna*. Некоторые из соединений серы также токсичны, и кроме этого являются сильными восстановителями, то есть веществами, потребляющими кислород. Гидрохинон и формальдегид - высокотоксичные вещества, влияющие также и на величину химического потребления (ХПК) стока. Наличие соединений железа в стоках также нежелательно, потому что они могут при определенных условиях распадаться с образованием токсичных соединений. В соответствии с этим сброс в канализационную сеть стоков предприятий, обрабатывающих кинофото-материалы, зачастую ограничивается местными властями. В настоящее время содержание ряда перечисленных выше веществ уже ограничено, особенно, если этот сток сбрасывается в открытые водоемы или в канализационную систему. Для иллюстрации приведем соответствующие отечественные данные.

Анализ типовых схем формирования стока кинофотолаборатории или цеха обработки пленки показывает, что при отсутствии каких-либо систем регенерации обрабатывающих растворов за счет сброса последних в сток попадает от 70 до 90% всех химикатов, а до 90% общего объема стока образуется за счет промывных вод.

Основным критерием, по которому сегодня осуществляется оценка санитарного состояния воды в водоемах, является ПДК. Однако, даже строгое соблюдение этой величины в стоках предприятия для всех загрязнителей не всегда может быть достаточным с экологической точки зрения, так как, во-первых, данные нормативы установлены на основе научных данных, имеющихся к настоящему времени, а во-вторых, в биосфере существует множество живых организмов и растений, чувствительность которых к различным химическим загрязнениям намного выше, чем у человека.

В природоохранной практике принято осуществлять контроль за деятельностью конкретного предприятия по величине ПДВ (предельно допустимого выброса), которая определяется с учетом общей экологической обстановки в данном регионе, возможностями местных очистных сооружений, а также в зависимости от сложности состава контролируемого стока. При этом учитывается, что при сбросе в водоемы нескольких загрязняющих веществ с одинаковыми лимитирующими показателями (с учетом других загрязнителей, поступающих в водоем из расположенных выше по течению выпусков) сумма отношений концентраций каждого вещества к соответствующей предельно допустимой концентрации не должна превышать единицы:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1$$

В связи с вышеизложенным представляется наиболее рациональным для предварительного выбора компонентов, подлежащих первоочередной очистке в конкретном стоке использовать критерий, вычисляемый как соотношение величин содержания i – го загрязнителя в стоке и его ПДК (предельно допустимой концентрации), т.е. $C_i/PДК_i$.

Проведенный анализ опубликованных данных, а также результаты собственных научно-исследовательских работ позволяют наметить важнейшие мероприятия по снижению экологической опасности стоков, фактически представляющие собой основные направления создания современной экологически чистой малоотходной технологии химико-фотографической обработки кинофотоматериалов:

1. Совершенствование существующих и создание новых технологических процессов химико-фотографической обработки, направленных на снижение вредных выбросов в окружающую среду. При этом основное внимание следует обратить на разработку новых обрабатывающих растворов на основе менее токсичных химикатов, используемых при более низких концентрациях; сокращение водопотребления на стадиях промывания кинофотоматериалов; сокращение безвозвратных потерь обрабатывающих растворов (уменьшение расхода на окисление кислородом воздуха веществ-восстановителей, снижение величины уноса растворов с пленкой в промывные воды и другие ванны).
2. Разработка систем регенерации и повторного использования всех обрабатывающих растворов.
3. Разработка систем регенерации и повторного использования промывных вод и/или их локальной очистки.

В настоящее время разработаны системы очистки промывных вод от различных токсичных компонентов (например, серебра из серебросодержащих вод, ГЦФ-ионов из промывных вод после отбеливания, тиосульфат- и сульфит-ионов, цветных проявляющих веществ из промывных вод после проявления и др.).

Основная задача разрабатываемого программного продукта – по данным о количестве и типах обрабатываемых в лаборатории кинофотоматериалов, используемых процессах химико-фотографической обработки, о количестве и типах проявочных машин, применяемых системах регенерации и кругового использования обрабатывающих растворов и промывных вод, а также сведений о химикатах и об их токсичности, нормах ПДК и других данных об ограничении сброса этих веществ в водоемы или канализационные сети, - оценить конкретный «экологический уровень» технологии и произвести расчет «экологического балла, или рейтинга», исходя из соответствующих критериев.

Реляционная база данных содержит 8 основных таблиц, а специально разработанное программное обеспечение – система управления базой данной (СУБД) должна обеспечивать удобный ввод данных, возможность работы с уже

имеющимися данными и выполнение всех эколого-технологических расчетов, позволяющих сделать соответствующие выводы и рекомендации.

В качестве примера приведем примерную структуру алгоритма расчета состава стоков кинолаборатории, обрабатывающей цветную позитивную пленку ЦП-8Р, имеющей две проявочные машины, осуществляющей электролитическое извлечение серебра из фиксирующих растворов и сбрасывающих сточные воды в канализацию.

Первый расчетный блок предлагаемого алгоритма позволяет рассчитать концентрации любого из компонентов каждого обрабатывающего раствора в каждом баке проявочной машины. Для этого используется математическая модель И.Б. Блюмберга и разработанные нами ранее алгоритмы [1]. В качестве примера приведем расчетную зависимость для определения установившейся концентрации вещества в случае использования однобачной проявочной системы:

$$K = (b \cdot C + b_1 \cdot C_1 \pm a) / (b_1 + b),$$

где C – концентрация компонента в компенсирующем пополнителе, подаваемом в данный бак, кг/м^3 ;

C_1 – концентрация компонента в растворе, заносимом с пленкой из предыдущего бака, кг/м^3 ;

b – скорость подачи компенсирующего пополнителя, $\text{м}^3/\text{ч}$;

b_1 – величина уноса раствора пленкой, $\text{м}^3/\text{ч}$;

a – расход или накопление компонента в системе (баке), кг/ч .

При этом знак “+” относится к накапливаемому веществу, а “-” – к расходуемому. Также можно легко составить выражение и для определения любого другого члена, входящего в уравнения материального баланса. Для многобачных систем проявочных машин (прямоточных и противоточных) соответствующие расчетные зависимости носят более сложный характер.

В результате выполненных расчетов мы знаем, каково содержание того или иного компонента в растворе, сбрасываемом в канализацию или направляемом на регенерацию непосредственно для каждого бака проявочной машины, а также с какой концентрацией раствор уносится в баки промывки.

Для того чтобы приступить к расчету состава стоков, необходимо предварительно ввести коэффициент повторного использования обрабатывающего раствора или промывной воды после соответствующей технологической операции, если для данной проявочной машины предусмотрена регенерация и повторное использование растворов и промывных вод. Значения коэффициента могут изменяться от 0 (нет повторного использования) до 1 (100% возврат раствора или воды). Значения данного коэффициента могут быть введены вручную или методом последовательного перебора с любым заданным шагом. В последнем случае можно легко оценить насколько будет уменьшено загрязнение общего стока в результате внедрения той или иной регенерационной технологии.

В результате, используя данные о пооперационном расходе обрабатывающих растворов и промывных вод, можно определить общий объем стока после каждой проявочной машины и после всех проявочных машин данной кино- или фотолаборатории.

Следующий этап расчета – это определение общего количества каждого из контролируемых веществ, поступающих в общий сток с обрабатывающими растворами и промывными водами, по формуле:

$$Q_i = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m K_{ij} b_j (1 - K_{nj})$$

где Q_i - общее количество i -ого компонента, поступившего в сток, за определенный временной интервал, кг;

K_i - содержание i -ого компонента в каждом обрабатывающем растворе и соответствующей промывной воде, кг/м³;

K_{nj} – коэффициент использования j -ого раствора или промывной воды;

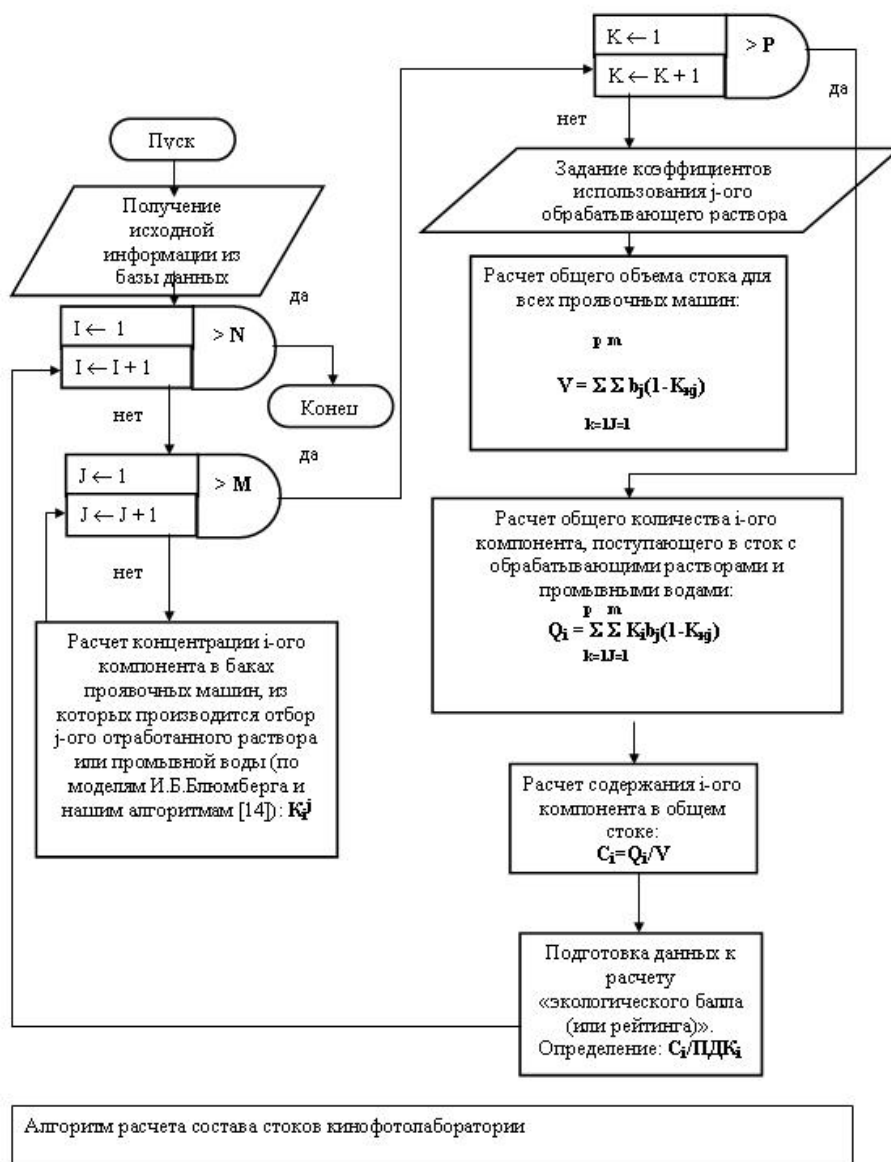
b_j - объем сбрасываемого в сток за определенный временной интервал j -ого раствора или промывной воды, м³;

p - общее количество проявочных машин в кино- или фотолаборатории;

m - общее число, применяемых в лаборатории обрабатывающих растворов и промывных вод.

Каждый этап работ по созданию современной малоотходной экологически чистой технологии химико-фотографической обработки кинофотоматериалов должен сопровождаться расчетом различных критериев «экологичности» [2] как для предприятия (лаборатории химико-фотографической обработки) в целом, так и для отдельных установок или технологических операций. При этом отбор используемых критериев может определяться как наличием исходных данных и их достоверностью, так и задачами, которые необходимо реализовать на соответствующем этапе. На практике для предварительного сопоставления «экологичности» различных технологических схем или процессов достаточно получения сведений об общем объеме стока и максимальном значении $C_i/ПДК_i$ для наиболее опасного компонента. Численное значение относительного «экологического балла (или рейтинга)» при сопоставлении различных предприятий или технологических процессов может быть определено по методу нормированного сравнения с помощью ПЭВМ [2].

Таким образом, на заключительном этапе производится расчет критериев отношения содержания i -ого компонента в общем стоке $C_i/ПДК_i$, что в дальнейшем может быть использовано для расчета «экологического рейтинга» данной лаборатории.



Литература.

1. Греков К.Б. Технология обработки светочувствительных материалов: Метод.указания по выполнению технологических расчетов с применением ПЭВМ.- СПб.:СПИКиТ.-1992.
2. Греков К.Б. Основные принципы построения систем экологически чистой технологии химико-фотографической обработки кинофотоматериалов. - Журн. научн. и прикл. фотогр.-2001.-Т.46.-№ 3.- С. 46-51.